

Wind en weder dienende

Citation for published version (APA):

Wisse, J. A. (1980). *Wind en weder dienende*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1980

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

WIND EN WEDER DIENENDE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET
AMBT VAN BIJZONDER HOOGLERAAR VANWEGE DE WARMTE-
STICHTING IN DE LEER VAN HET BUITENKLIMAAT IN
VERBAND MET TOEPASSINGEN IN DE BOUWKUNDE AAN DE
TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN
OP VRIJDAG 24 OKTOBER 1980

DOOR

IR. J.A. WISSE

In alle tijden en culturen heeft de mens zich onderworpen gevoeld aan de machten van het weer. Hij heeft het ervaren als een bron van vreugde maar ook van vrees: zonder enig patroon of regelmaat veroorzaakt het vernietiging van het gewas of een overvloedige oogst, brengt het nu eens rampspoed en dan weer welvaart en gaat het zowel gepaard met warmte en droogte als met koude en neerslag. Het weer koestert en geselt de mens en zijn omgeving. Het is de ongrijpbaarheid en grilligheid van dit natuurverschijnsel, die maken dat de beleving ervan tot op de dag van vandaag religieuze aspecten heeft.

Het lijkt wel of de ontmythologisering van het wereldbeeld niet heeft plaatsgevonden wat betreft de machten van de atmosfeer. Zelfs de twintigste-eeuwer is onder de indruk van de willekeur van de elementen. Ook al biedt een satellietopname van de bewolking hem op zijn televisiescherm een ruimer beeld van wat hem in de atmosfeer boven het hoofd hangt, daarmee is hij niet minder dan voorheen gefascineerd door het mysterie dat erachter schuil gaat. De mens kan het weer niet beheersen en de wetenschapsmensen kunnen ondanks de moderne technologie het maar gebrekkig voorzèggen.

Toch is de meteorologie in staat met de methoden van de wis- en natuurkunde, de verschijnselen in de atmosfeer in hoge mate wetenschappelijk te verklaren. Helaas is echter de kennis omtrent de fenomenologie van de atmosfeer en de theoretische begrippen in de meteorologie beperkt tot een betrekkelijk kleine groep van specialisten. Dit is een ernstige zaak. Immers, de toepassing van de meteorologie kan alleen tot bloei komen als de grote groep van gebruikers van meteorologische informatie kennis heeft van de eigenschappen van het atmosferisch milieu. Daarom wil ik deze gelegenheid gebruiken om U iets mee te delen over de verworven kennis met betrekking tot de toegepaste meteorologie.

Ook in de meteorologie zijn specifieke werkwijzen ontstaan. De meest markante is de manier waarop in de atmosfeer wordt waargenomen. In feite hangt de vooruitgang in de meteorologie nauw samen met de ontwikkeling van de mogelijkheden om de natuurkundige processen in de atmosfeer waar te nemen.

Het oudste ons bekende werk dat de verschijnselen in de atmosfeer systematisch behandelt is het boek *Meteorologica* van de filosoof Aristoteles, die leefde van 384 tot 322 v. Chr. Behalve de theorieën van

Aristoteles zelf, bevat het een verzameling gegevens van oudere filosofen, historici en dichters. Een aantal voorspelregels in dit boek is van Egyptische oorsprong en veel stamt uit Babylonië, met name de klassificatie van de winden.

Gedurende 2000 jaren is deze verhandeling het onbetwiste standaardwerk in de meteorologie gebleven. Dit betekent dat tot aan het einde van de zestiende eeuw meteorologie niet meer was dan filosofische bespiegeling. Het feitenmateriaal berustte hoofdzakelijk op zintuiglijke waarneming. Slechts het weer als atmosferisch verschijnsel kon worden geobserveerd.

Over de processen die het weer veroorzaken kon alleen maar gespeculeerd worden. Deze processen kunnen namelijk alleen met behulp van instrumenten worden bestudeerd.

Na het jaar 1600 raakten de inzichten uit Aristoteles' *Meteorologica* snel achterhaald. Aan het begin van deze nieuwe ontwikkeling staat de uitvinding van de thermometer door Galileï, waarschijnlijk in 1593. Zijn leerling Torricelli liet in 1643 zijn bekende barometerexperiment uitvoeren. Het is uitermate boeiend te lezen hoe men vervolgens al denkend, metend en rekenend langzaam ontdekte wat wij nu triviaal vinden.

Dat met de natuurkunde de meteorologie zich kon ontwikkelen was mogelijk door de wisselwerking tussen waarneming, begripvorming en wiskunde. Wie zich verdiept in de geschiedenis van het ontstaan van de klassieke natuurkunde en de meteorologie ervaart dat waarnemen meer is dan meten alleen. Het is meer dan getallen verzamelen om te kunnen rekenen. De natuurkundige processen in de atmosfeer kunnen zonder instrumenten slechts vermoed worden. De sensatie van het observeren, het aanschouwen van die processen is nodig om tot meteorologisch inzicht te geraken.

Ook bij het onderwijs en het onderzoek in de toegepaste meteorologie aan een technische hogeschool is het verrichten van waarnemingen om de eigenschappen van de atmosfeer te observeren, onontbeerlijk om tot werkelijk begrip te komen van zowel de processen in ons atmosferisch milieu als van de betekenis van de weerkundige gegevens die ter beschikking staan. Dit kan als volgt worden toegelicht. Het is zeer nuttig de warmtehuishouding van een gebouw in relatie tot het weer te onderzoeken, de eigenschappen van een constructie met het oog op windbelasting te bestuderen en om bij het plannen van een industriegebied de verspreiding van luchtverontreiniging te bereke-

nen. Daarbij is het tegenwoordig mogelijk de relatie tussen het weer en het object in een programma voor een rekenmachine vast te leggen. Voor talloze weersituaties kunnen dan de gevolgen worden berekend als een magneetband met weerkundige gegevens ter beschikking staat. Helaas struikelde reeds menigeen die deze weg bewandelde. Immers, alvorens de berekening aan te vangen zijn wij gedwongen te beoordelen of de waarnemingen voldoende relevant zijn voor de processen waar het om gaat. Alleen begrip voor wat in de atmosfeer plaats vindt, stelt de gebruiker in staat zichzelf en anderen de juiste vragen te stellen. Het zelf uitvoeren van een waarnemingsprogramma, ook al is dat eenvoudig van aard, is de beste leerschool voor het gebruik van waarnemingen van anderen.

Elke waarneming is bovendien een steekproef. Het is uitgesloten om in de atmosfeer zo veel waarnemingen te verrichten dat de toestand precies is vastgelegd. Daarvoor is de atmosfeer te groot en te veranderlijk. Voor de interpretatie van waarnemingen, van steekproeven dienen we een model van de atmosfeer te hanteren. Deze werkwijze kan geïllustreerd worden aan een opiniepeiling onder het Nederlandse volk. Dat is een steekproef door middel van een enquête onder een groep personen. Deze groep is volgens een model van het Nederlandse volk representatief. Een onjuist model zal tot een onjuiste interpretatie leiden van op zich juiste waarnemingen. Op gelijke wijze zijn waarnemingen in de atmosfeer steekproeven, die de toestand niet volledig weergeven. De analyse van deze waarnemingen wordt met behulp van modelvoorstellingen verricht. De kwaliteit van de modelvoorstelling is bepalend voor een juiste waardering van de waarneming.

Ook een onderzoeker in de exacte wetenschappen kan subjectief zijn. De specialisatie bevordert in het bijzonder een zekere preoccupatie met een bepaalde modelvoorstelling. Men kan zo vervuld zijn van een numeriek model van de atmosfeer, van een weerkaart waarop modelvoorstellingen als hoge- en lagedrukgebieden en fronten zijn getekend, van een model voor de verspreiding van luchtverontreiniging of van een statistisch afgeleide relatie, dat de afstand tot de atmosferische werkelijkheid te groot wordt. De inspiratie tot betere begripsvorming en bezinning op het waarnemingsprogramma krijgen dan niet alle kans. Een eerste vereiste in de atmosferische wetenschappen en in de toegepaste meteorologie is het kritisch bezig zijn met het waarnemingsmateriaal en met de soms impliciete modelvoorstelling.

Het opstellen van weersverwachtingen is een van de hoofddoeleinden van de toegepaste meteorologie. Het waarnemen vervult hierbij een

zeer bijzondere functie. Het is een onderdeel van een productieproces, van een continubedrijf dat op internationale schaal opereert. Verwachten is immers aangeven hoe de uitgangstoestand zich zal wijzigen. Daarbij is een internationaal netwerk nodig om de toestand waarin de atmosfeer zich bevindt te kunnen vastleggen. De gegevens moeten synoptisch zijn. Dat wil zeggen, er zijn gelijktijdig verrichte waarnemingen nodig. Bovendien moeten de waarnemingen voor het opstellen van verwachtingen snel worden uitgewisseld. Een hoge mate van internationale coördinatie is nodig om de noodzakelijke waarnemingen, aan het aardoppervlak en in de bovenlucht tot op 20 à 30 km hoogte, met vaste regelmaat ter beschikking te krijgen.

Het is Brandes, een Duits meteoroloog en wiskundige geweest, die in 1816 als een van de eersten formuleerde waar het ook nu nog om gaat. Brandes schreef in 1816:

”Wenn man etwas genauere Nachrichten von der Witterung auch nur für ganz Europa zusammenbringen könnte, so müsste sich unstreitig viel lehreiches ergeben. Könnte man Karten von Europa für alle 365 Tage des Jahres nach der Witterung illuminieren, so würde sich doch wohl ergeben, wo zum Beispiel die Grenze der grossen Regenwolke lag, die im Juli ganz Deutschland und Frankreich bedeckte; es würde sich ergeben ob diese Grenze sich allmählich weiter nach Norden hin verschob, oder, ob sich plötzlich durch mehrere Grade der Länge und Breite neue Gewitter bildeten. Mögen diese nach dem Wetter illuminierten Karten auch manchem lächerlich vorkommen, so glaube ich doch man sollte einmal auf die Ausführung dieses Gedankens bedacht sein”.

Dit citaat markeert het begin van de synoptische meteorologie. Tot op heden is de weerkaart, waarop met behulp van gelijktijdige waarnemingen en modelvoorstellingen de toestand van de atmosfeer op grote en op kleine schaal wordt weergegeven, het belangrijkste hulpmiddel bij het opstellen van verwachtingen. Het citaat uit 1816 signaleert iets wat ook nu nog een centraal probleem is bij het opstellen van verwachtingen. Ik bedoel hier de vraag of de verschijnselen, zoals die op de weerkaart zichtbaar worden, zich alleen met de stroming in de atmosfeer zullen verplaatsen of dat deze zich bovendien intussen ook zullen wijzigen.

Zal het wolkenveld of de regenzone met de wind meedrijven, zich oplossen of zich uitbreiden?

Sinds Brandes zijn er nationale meteorologische diensten opgericht en is er een internationale samenwerking ontstaan, die twee wereldoorlogen heeft overleefd. De nationale en internationale inspanning, in een tijdperk waarin de moderne techniek tot ontwikkeling is gekomen, heeft geleid tot een mondiaal netwerk van waarnemingsstations en een systeem voor de routinematige verwerking en uitwisseling van gegevens dat de gehele aardbol omvat.

De meest bekende hulpmiddelen, die na 1950 ter beschikking zijn gekomen, zijn de rekenautomaten en de meteorologische kunstmanen. Waarom zijn de weersverwachtingen voor vandaag en morgen na 1955 dan niet wezenlijk verbeterd en is alleen de verwachtingstermijn met overmorgen uitgebreid? De vooruitgang wordt bemoeilijkt door problemen van theoretische en van praktische aard.

Natuurlijk zijn de bewegingsvergelijkingen, de behoudswetten, de thermodynamica en de toestandsvergelijkingen die de klassieke natuurkunde de meteorologie aanreikt, ook van toepassing op de atmosfeer. Maar het oplossen van dit systeem van vergelijkingen voor een vochtig gas op een draaiende bol met gecompliceerde randvoorwaarden stuit op fundamentele problemen. Ook bij het gebruik van rekenautomaten is het de kunst om, bij het aanbrenge van de noodzakelijke simplificaties, deze zo min mogelijk te laten afwijken van de te berekenen processen in de atmosfeer. Verder is ook nu nog een aanzienlijke belemmering voor praktische toepassing van dergelijke berekeningen, dat deze aanmerkelijk sneller moeten plaatsvinden, dan het tempo waarin de processen in de atmosfeer zich voltrekken. De ontwikkeling van rekenmodellen voor de atmosfeer als geheel en voor deelprocessen op allerlei ruimte- en tijdschalen is echter in volle gang. Bij het oplossen van het voorspelprobleem is helaas de beperkte beschikbaarheid van waarnemingen een sterk belemmerende factor. Ik zal trachten dit toe te lichten aan de hand van de volgende noodzakelijkerwijs weinig genuanceerde voorstelling van zaken. De circulatie in de atmosfeer op ons halfrond om warmte van zuid naar noord te transporteren, is van dien aard dat op middelbare breedten een westelijke basisstroming aanwezig is. Deze basisstroming is instabiel en slingert over het halfrond. Het is deze slingerende, meanderende westelijke basisstroming waarin de bekende hoge- en lagedrukgebieden tot ontwikkeling komen. Een lagedrukgebied is een ingewikkeld circulatiesysteem in de atmosfeer, waarvan de afmeting kan variëren van honderden tot duizenden kilometers. De hoogte van een

dergelijk circulatiesysteem kan bijvoorbeeld 10 kilometer zijn. De verscheidenheid in de atmosfeer is zo groot, dat eigenlijk elk lagedrukgebied een uniek individu is. Een lagedrukgebied kan bijvoorbeeld aan de oostkust van Amerika ontstaan en vier dagen later in Oost-Europa zijn identiteit in een ander stromingspatroon verliezen. Welnu, het huidige netwerk voor waarnemingen in de bovenlucht omvat ruim 700 radiosondestations. De afstand tussen de stations varieert van een paar honderd km boven land tot meer dan duizend km boven grote delen van de oceaan. Het waarnemingsnetwerk staat slechts toe, de westelijke basisstroming en de direct daaraan gekoppelde verschijnselen, als de ontwikkeling en verplaatsing van hoge- en lagedrukgebieden met enige nauwkeurigheid tot enkele dagen vooruit te berekenen, binnen afzienbare tijd zelfs tot vier dagen vooruit.

Maar wat er in detail in de bovenlucht gebeurt bij het voorbijtrekken van een lagedrukgebied kan met het waarnemingsnetwerk van radiosondestations niet worden geobserveerd. Het weer wordt ook bepaald door buien, wolkenvelden en opklaringen, land- en zeewind, mist, nachtvorst en veel andere markante verschijnselen op nog kleinere schaal, de zogenaamde mesoschaal.

Het ligt voor de hand te stellen dat een fijnmaziger net van waarnemingen nodig is om deze verschijnselen routinematig te kunnen berekenen. Maar ook hier moet de vooruitgang bepaald worden door de wisselwerking tussen waarneming, begripsvorming en wiskunde. Veel zal afhangen van het ontwikkelen van modellen waarmee – met een minimum aan waarnemingen – de processen op de mesoschaal met voldoende precisie routinematig kunnen worden beschreven. Nieuwe waarnemingstechnieken zullen daarbij nodig zijn. In ieder geval hebben de meteorologische satellieten de gewenste verfijning van het waarnemingsnetwerk niet gebracht. Weliswaar kan naast de bewolking, het verloop van de temperatuur met de hoogte vanuit de ruimte om de 30 km worden bepaald, maar de resultaten zijn te onnauwkeurig voor het doel. In feite is op onze breedten de bijdrage van satellieten tot de waarnemingen in de bovenlucht te verwaarlozen.

Inmiddels is het de synoptisch meteoroloog die dag en nacht het weer bewaakt en verwachtingen opstelt. Een karakterisering van het weer meer dan 24 uur later baseert hij vooral op berekeningen met behulp van rekenautomaten aangevuld met statistische gegevens. Bij het opstellen van de verwachting voor het weer in de eerste 24 uren is het noodzakelijk de gevolgen van kleinschalige processen te schatten. Hij

moet aangeven wat het weer in bijvoorbeeld de verschillende sectoren van een lagedrukgebied zal zijn, wat de kans is op bewolking, neerslag of mist.

Het gereedschap van deze vakman bestaat in de eerste plaats uit ongeveer duizend gelijktijdige observaties van het weer door even zo vele trouwe waarnemers, die te land en ter zee bij nacht en ontij berichten aan hem doorgeven. Op basis van deze gegevens, aangevuld met satellietfoto's van de bewolking, beelden van de buienradar en de waarnemingen in de bovenlucht, formuleert de synoptisch meteoroloog met fysisch inzicht en ruime ambachtelijke ervaring zijn verwachting.

De techniek van het opstellen van verwachtingen wordt niet als een onderwerp van de technische wetenschappen beschouwd. De reden ligt in de aard, de organisatievorm en de historische ontwikkeling van het productieproces. Zeker in ons land is dit het geval. Toch vergt het gebruik van meteorologische informatie bij het technisch handelen, technisch wetenschappelijk onderzoek en onderwijs. Immers, het begrip "weer" krijgt pas werkelijk inhoud, als de atmosferische verschijnselen worden beschouwd in relatie tot het leven en in relatie tot de menselijke activiteit. Bij het gebruik van meteorologische informatie is het noodzakelijk de relatie weer – object te kwantificeren.

Het onderzoek van de relatie weer – object staat centraal in de toegepaste meteorologie. In deze relatie ligt de doelstelling besloten van mijn leeropdracht. Onderzoek van deze relatie is per definitie interdisciplinair. Technische en meteorologische kennis zijn hier beide nodig.

Zeer gewaardeerde toehoorders, ik zal nu eerst trachten de relatie weer – object nader te omschrijven en wel in het bijzonder met betrekking tot de bouwkunde. Vervolgens zal ik proberen aan te geven welke meteorologische kennis wel en niet kan worden aangedragen bij het kwantificeren van die relatie.

In de bouwkunde kunnen de vraagstukken die samenhangen met het atmosferisch milieu als volgt worden gerubriceerd.

In de eerste plaats zijn er vragen met betrekking tot het stromingspatroon rond een gebouw of constructie. Onderwerpen die tot deze rubriek behoren zijn windbelasting, windhinder en lokale luchtverontreinigingsproblemen.

In de tweede plaats is er massa-overdracht aan de oppervlakken en bij openingen. Voorbeelden hiervan zijn ventilatieproblemen, sneeuw-

last, neerslag op daken en muren, terwijl corrosie ten gevolge van de samenstelling van lucht en neerslag tot deze rubriek gerekend kan worden.

In de derde plaats zijn er vraagstukken met betrekking tot verschillende vormen van energie-overdracht, zoals de warmtehuishouding van constructies, thermische uitzetting, het binnenklimaat veelal in verband met de behaaglijkheid voor de gebruikers, vochtproblemen in muren en daken, de hoeveelheid daglicht alsook fotochemische degradatie van materialen.

In de vierde plaats is informatie-overdracht van belang. Hiertoe behoort niet alleen de plaatsing van meetinstrumenten voor de sturing van systemen voor de klimaatbeheersing. In het bijzonder vraagt het gebruik van gegevens over het klimaat, over het verleden, huidig en toekomstig weer de aandacht. Meteorologische informatie is ter beschikking bij de analyse van de gevolgen van het weer voor de uitvoering van werkzaamheden. Hierbij denk ik aan het anticiperen op lage temperaturen, langdurige of hevige neerslag, gladheid, bewerkbaarheid van de bodem, beschikbaar daglicht en vele andere aspecten bij het plannen en uitvoeren van werkzaamheden.

Als voor het gebruik van meteorologische informatie bij deze problemen de relatie weer – object is gekwantificeerd, resteert een probleem van bedrijfskundige aard. Iedereen weet dat een verwachting onzekerheden bevat. Een goede verwachting geeft kansen aan. Wat betekent dit voor de gebruiker? Bedrijfsvoering bij weersafhankelijke activiteiten vergt het gebruik van beslissingsmodellen. In dergelijke beslissingsmodellen dienen de verschillende argumenten, die tot een beslissing kunnen leiden, tegen elkaar te worden afgewogen. Tot deze argumenten behoren in de eerste plaats de voor- en nadelen van de alternatieven waaruit gekozen moet worden. In de tweede plaats kan een argument zijn wat de klimatologische kans is op gunstige of ongunstige weersomstandigheden in de periode dat de desbetreffende activiteit kan worden uitgevoerd. In de derde plaats is het daarna mogelijk de kans op die omstandigheden in de volgende dagen in de beslissing te betrekken.

Toepassing van dergelijke beslissingsmodellen bevordert een rationele bedrijfsuitvoering in hoge mate. Als de relatie weer – object is gekwantificeerd, is bovendien een doelmatige overdracht van de meteorologische informatie via de media van nu en straks mogelijk.

De zo juist gegeven omschrijving van de relatie weer – object met betrekking tot het bouwen kan worden aangevuld met veel voorbeelden

over andere weersafhankelijke activiteiten. Bovendien ben ik niet ingegaan op de invloed van de menselijke activiteit op het klimaat, zowel lokaal als op wereldschaal.

Maar in hoeverre kan nu de verworven meteorologische kennis bij deze en dergelijke ontwerproblemen worden gebruikt?

Het leven en de menselijke activiteit spelen zich in hoofdzaak af nabij het aardoppervlak in de zogenaamde atmosferische grenslaag. Deze laag varieert in hoogte van enkele tientallen meters tot verscheidene kilometers, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden. Deze laag heeft specifieke eigenschappen en vormt dat deel van de buitenwereld, dat bij uitstek onderwerp moet zijn van onderwijs en onderzoek in de toegepaste meteorologie.

Een specifieke eigenschap van deze grenslaag valt te constateren aan het verschil tussen de pluim van een schoorsteen en het condensatiespoor van een vliegtuig hoog in de lucht. Het condensatiespoor is vaak een kilometerslange, vrijwel rechte streep, waarin de sporen afkomstig van de linker- en rechtervleugel zijn te onderscheiden. De schoorsteenpluim daarentegen heeft meestal een grillige, wervelende en steeds veranderende vorm. Het verschil wordt veroorzaakt door een belangrijk verschijnsel in de atmosferische grenslaag: de stroming heeft daar een turbulent, wervelend karakter. Weliswaar komt in wolken en elders in de hogere lagen soms ook turbulentie voor, zoals de luchtreiziger kan ervaren, maar dit zijn uitzonderingen op de regel dat de stroming in de grenslaag turbulent is en die in de vrije atmosfeer niet.

Turbulentie heeft niet alleen de vlagerigheid van de wind tot gevolg. Een belangrijke eigenschap is menging. Ook dit kunt U zien aan een schoorsteenpluim. Terwijl de pluim met de wind wordt meegevoerd, wordt deze breder en het contrast van de pluim met de achtergrond vermindert: de pluim wordt in de atmosfeer gemengd totdat deze onzichtbaar is.

Deze mengende werking van turbulentie is functioneel bij de verspreiding van luchtverontreiniging en bij het opwerpen van zaden en van bijvoorbeeld zand. In feite is turbulentie het belangrijkste mechanisme voor de uitwisseling van warmte en vocht tussen het aardoppervlak en de atmosfeer. Ook is deze medebepalend voor de wrijving die de luchtstroom aan het aardoppervlak ondervindt. Daarmee is de turbulentie van fundamentele betekenis voor de meteorologie.

De hoogte van de grenslaag wordt gemarkeerd door een zone die hydrostatisch in stabiel evenwicht verkeert. In deze zone worden de verticale turbulente bewegingen gedempt. Hierdoor is de menging tot aan deze zone beperkt. Men spreekt van menghoogte en van menglaag. De term menglaag is zeer toepasselijk, omdat in deze laag de warmte, de waterdamp en het stof afkomstig van het aardoppervlak als ook de luchtverontreiniging door de turbulentie gemengd wordt. Het is deze menglaag, die de luchtreiziger als een heilige waas over het aardoppervlak kan observeren.

Bij het onderzoek van de menglaag blijken de randvoorwaarden aan het aardoppervlak wel bijzonder gecompliceerd. Weiden, bomen, akkers en steden hebben verschillende ruwheid, temperatuur en vochtigheid.

Het is daarom niet te verwonderen dat het onderzoek van de atmosferische grenslaag tot nu toe hoofdzakelijk is beperkt tot de verschijnselen boven uitgestrekte, vlakke terreinen. Ook de grenslaagmeteorologie kon pas tot ontwikkeling komen door de wisselwerking tussen waarnemingen, begripsvorming, en wiskunde. Waarnemingen zijn in de grenslaagmeteorologie vooral van essentiële betekenis, omdat de bewegingsvergelijkingen onoplosbaar zijn zonder het gebruik van experimenteel vastgestelde relaties. Deze relaties moeten het mengende effect van de talloze grote en kleine wervelingen in de turbulente stroming kwantificeren.

Het eerste experimentele onderzoek van de grenslaag in Nederland is waarschijnlijk een project waartoe in 1935 werd besloten. Om de watermolen "De Prinsenmolen" te moderniseren werden windmetingen op verschillende hoogten verricht. Ook internationaal gezien is het onderzoek van de grenslaag steeds sterk gestimuleerd door praktijkvragen over onderwerpen als windenergie, verdamping en verspreiding van luchtverontreiniging. Sinds 1972 staat ons nabij Lopik een uniek buitenlucht-laboratorium ter beschikking. Toen werd daar een 213 meter hoge meetmast in gebruik genomen, die speciaal voor grenslaagonderzoek is geconstrueerd. Temperatuur, wind, vochtigheid, turbulentie en de mengende werking ervan, straling en verspreiding van luchtverontreiniging in de grenslaag worden met deze mast bestudeerd.

Een belangrijke ontwikkeling in de afgelopen 15 jaar is, dat het mogelijk werd het transport ten gevolge van turbulente menging direct te meten, en de zojuist genoemde experimentele relaties te bepalen. Voor de bepaling van bijvoorbeeld het transport van warmte is het nodig de

turbulente fluctuaties van de temperatuur en de driedimensionale windvector tot in onderdelen van seconden te meten en statistisch te bewerken. Tot dit onderzoek werden wij in staat gesteld door de komst van de moderne meet- en registratietechnieken.

Het is bijzonder boeiend geweest om van nabij te ervaren hoe deze nieuwe technieken inspireren tot hernieuwde begripsvorming en waarneming.

Het onderzoek van de grenslaag boven uitgestrekte vlakten is nog in volle gang. Daarom wil ik trachten nu een tussenstand op te maken van de tot nu toe verworven kennis. De verschijnselen in de atmosferische grenslaag kunnen wij kwalitatief in hoge mate begrijpen. Bovendien staan nu veel meetreeksen ter beschikking. Samenvattende Nederlandse publicaties over neerslag en verdamping, het windklimaat en het stralingsklimaat zijn in voorbereiding. Ook de beschrijving van de processen in kwantitatieve zin boven een uitgestrekt, vlak terrein heeft grote vorderingen gemaakt. De intensiteit van de turbulentie en de mengende werking als ook het verloop van temperatuur en wind met de hoogte kunnen zelfs enigszins gedetailleerd worden berekend, als de randvoorwaarden bekend zijn.

Deze randvoorwaarden zijn meetbaar en de kennis en ervaring nodig om deze te schatten, nemen toe naarmate het onderzoek vordert.

De kennis van de atmosferische grenslaag boven uitgestrekte, vlakke terreinen zal de basis vormen voor twee richtingen van onderzoek. In de eerste plaats onderzoek naar de wijze waarop de grenslaag zich aanpast aan nieuwe randvoorwaarden wanneer de lucht van het ene soort oppervlak naar het andere stroomt. Een voorbeeld van een dergelijke aanpassing vormen de verschijnselen die optreden als lucht vanuit de Noordzee ons land binnenkomt. Wanneer deze lucht de kust gepasseerd is, neemt de windsnelheid landinwaarts af en daarbij neemt in de zomer de temperatuur toe. Landinwaarts kunnen bewolking en buien ontstaan of juist oplossen, afhankelijk van de omstandigheden. Beter begrip van dergelijke processen op de meso-schaal is nodig voor het opstellen van verwachtingen en het gebruik van klimatologische gegevens.

In de tweede plaats is de huidige kennis van de grenslaag basis bij het kwantificeren van de relatie weer – object. Noodgedwongen beperken de synoptisch meteoroloog en de klimatoloog zich tot het weer in het vrije veld. De klimatologische gegevens worden verkregen op plaatsen, die zo representatief mogelijk zijn voor een groot gebied. Het is in ons

afwisselende landschap al moeilijk genoeg dergelijke locaties te vinden. Maar hoe zijn de waarnemingen van wind en temperatuur gemeten in een polder te gebruiken voor een stad of voor een parklandschap? Deze vraag kan niet zonder meer beantwoord worden. Er zijn dus twee richtingen van onderzoek die uiteen lopen. De eerste betreft de meso-schaal, de tweede de micro-schaal. Immers bij de aanpassing van de grenslaag op de meso-schaal gaat het om het gezamenlijk effect van een grote verscheidenheid aan lokale terreingesteldheden. Wellicht kan voor de berekening van dat gezamenlijk effect een statistische benadering van de verschillende randvoorwaarden over afstanden van bijvoorbeeld 10 kilometer uitkomst bieden.

Daarentegen is bij het kwantificeren van de relatie weer – object de situering van het object in zijn omgeving essentieel.

Daarbij gaat het om verschijnselen op de micro-schaal, de tweede richting van onderzoek. Vele detailstudies zijn verricht, maar de kennis is nog zeer fragmentarisch. Zo is een omvangrijke literatuur over het stadsklimaat beschikbaar. De gegevens verkregen voor de ene stad zijn echter nog niet overdraagbaar naar de andere. De meeste vorderingen zijn gemaakt bij het onderzoek op de schaal van een woonwijk of een bomenrij. De verschijnselen op deze schaal kunnen tot op zekere hoogte gesimuleerd worden in een windtunnel. Dit onderzoek levert geleidelijk aan resultaten waarbij enige generalisatie mogelijk is.

De beschrijving van het gedrag van de grenslaag op micro-schaal is moeilijk en omvangrijk. Of dit onderzoek een grotere inspanning behoeft zal moeten worden aangetoond met nadere studie van de relatie weer – object.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Bij het ontwerpen en het uitvoeren van weersafhankelijke activiteiten kan dus gebruik gemaakt worden van de verworven meteorologische kennis, van de klimatologische gegevens en van informatie over verleden, huidig en toekomstig weer. Hiertoe is interdisciplinair onderzoek nodig inzake tal van boeiende aspecten van het technisch handelen in ons atmosferisch milieu. Zowel technische als meteorologische kennis is daarbij onmisbaar. De studie van de relatie weer – object is een tweesnijdend wapen. Ontwerp en uitvoering kunnen geoptimaliseerd worden, maar ook wordt de toegepaste meteorologie voorgehouden wat de gespecificeerde behoeften zijn van de gebruiker.

Leden van het College van Bestuur, Leden van de Hogeschoolraad, Leden van het Afdelingsbestuur, Leden van de Afdelingsraad, Leden van de vakgroep Bouwkunde Fysische Aspecten,

het onderwijsaanbod is reeds veelomvattend. De student heeft de mogelijkheid zich behalve in zijn hoofdvakken te verdiepen in wijsbegeerte, toegepaste taalkunde, milieukunde, economie, sociologie, recht en vele andere zaken, waarvan de ingenieur, die met twee benen in de maatschappij wil staan, kennis behoeft.

Moet nu aan dit spectrum ook nog toegepaste meteorologie worden toegevoegd? In het feit dat ik mijn ambt mag aanvaarden ligt een beantwoording in positieve zin van deze vraag besloten. Wel zullen wij de doelstellingen bij herhaling kritisch moeten onderzoeken en het te geven onderwijs daaraan moeten toetsen.

Ik hoop dat ik daarbij in goede samenwerking veel kritiek zal mogen ontvangen.

Leden van het Bestuur van de Warmte-Stichting,

dat het Instituut tot bevordering van de wetenschappelijke en praktische ontwikkeling en toepassing van de verwarmings- en ventilatietechniek mij heeft willen voordragen tot vervulling van het ambt van bijzonder hoogleraar in de leer van het buitenklimaat in het bijzonder in verband met toepassingen in de bouwkunde, betekent voor mij een grote eer. U heeft besloten de leerstoel die de vooraanstaande fysicus Van der Held vervulde, thans te doen bezetten door een meteoroloog. De door U daarbij gekoesterde verwachtingen ervaar ik als een uitdaging.

Waarde Hamaker,

bij Uw onderzoek van het binnenklimaat in afhankelijkheid van het ontwerp van het gebouw en de nodige verwarmings- en koelinstallaties enerzijds en in afhankelijkheid van het buitenklimaat anderzijds, heeft de toegepaste klimatologie steeds uw aandacht gehad.

Bij Uw streven te bevorderen dat een gebouw in Nederland en in het buitenland zo ontworpen wordt, dat gebruik van dat gebouw met minimale energieconsumptie mogelijk zal zijn, heeft U gewezen op de

noodzaak van klimatologisch begrip en van doelgerichte klimatologische gegevens. Uw arbeid heeft veel bijgedragen tot het tot stand komen en tot de vervulling van deze leerstoel. Ik hoop dat U het genoegzame zult smaken te kunnen constateren, dat het begonnen werk met vrucht wordt voortgezet.

Leden van het Bestuur van de Stichting Eindhovense Hogeschoolfonds,

Meteorologische kennis is van toepassing op een breed scala van technische problemen. Bovendien kunnen verscheidene werkmethode, die in deze discipline zijn ontwikkeld, van belang zijn bij de beoefening van de technische wetenschappen. Bij de vervulling van mijn ambt zal Uw doelstelling, de bevordering van de technische wetenschappen en het technisch wetenschappelijk onderwijs, de mijne zijn.

Waarde Bijvoet,

Ik ben bijzonder dankbaar in de gelegenheid te zijn gesteld een bijdrage te leveren aan de uitvoering van het beleid dat je als Hoofd-directeur van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut voert, om de meteorologische kennis uit te dragen. Je hebt moeten constateren dat ondanks de toepassing van de moderne techniek, of misschien juist daardoor, onze maatschappij niet minder, maar meer afhankelijk is geworden van meteorologische informatie. Groot-schaligheid en verhoogde produktiviteit zijn waarschijnlijk sleutelwoorden bij het zoeken naar een verklaring. In steeds toenemende mate worden vragen op velerlei gebied vanuit de maatschappij aan het Instituut voorgelegd. Het KNMI kan in deze tijd alleen dienstbaar zijn, als belanghebbenden over voldoende meteorologische kennis beschikken om hun vragen te formuleren, om met medewerkers van het Instituut te kunnen samenwerken en om zelf met hun problemen, het atmosferisch milieu betreffende, bezig te kunnen zijn.

Ik hoop dan ook, dat je besluit medewerking te verlenen aan de vervulling van deze leerstoel, mag bijdragen tot de bevordering van de meteorologie en haar toepassing.

Waarde Schuurmans, Tennekes en Wartena,

Het is goed te weten dat er in Utrecht, Amsterdam en Wageningen collegae zijn, bij wie ik om raad mag aankloppen. Ik ben jullie erkentelijk voor de fijne samenwerking in de achter ons liggende jaren. Ik hoop dat in de komende jaren de samenwerking mag uitgroeien tot een van vakgroep tot vakgroep.

Waarde De Lange en Vorenkamp,

Voor de wijze waarop jullie mij hebben ingeleid in deze technische hogeschool ben ik zeer erkentelijk. Ik verheug mij op een intensief samenspel.

Dames en Heren Studenten,

Ik hoop met U samen op ontdekkingsocht te gaan. Een ontdekkingsocht, waarbij meteorologische kennis de landkaart zal zijn; de toepassing van die kennis bij de vraagstukken die U bezighouden, het landschap.

Het onderwijs in de toegepaste meteorologie is een avontuur, een tocht die nog niet ondernomen is. Ik ben er van overtuigd dat onze belevenissen tijdens die tocht van blijvende waarde zullen zijn.

Ik heb gezegd.